



Soziotechnische Analyse und Gestaltung von Virtualisierungsprozessen

Ein Fallbeispiel zur virtuellen Inbetriebnahme

Hilko Paulsen¹ · Victoria Zorn² · David Inkermann³ · Nine Reining² · Julian Baschin⁴ · Thomas Vietor⁴ · Simone Kauffeld²

Online publiziert: 3. Februar 2020
© Der/die Autor(en) 2020

Zusammenfassung

Dieses Praxisbeispiel der Zeitschrift „Gruppe. Interaktion. Organisation (GIO)“ betrachtet den Fall einer virtuellen Inbetriebnahme bei einem Unternehmen aus dem Anlagen- und Maschinenbau aus soziotechnischer Systemperspektive. In einer digitalisierten Arbeitswelt werden Tätigkeiten zunehmend in den virtuellen Raum verlagert, sodass mit Hilfe digitale Abbilder beispielsweise Simulationen durchgeführt werden können. Bevor die Maschine real in Betrieb genommen wird, soll die Inbetriebnahme durch eine Simulation mittels Software erfolgen. Das Zusammenspiel der Steuerungssoftware und Hardwarekomponenten einer Maschine wird dabei mit dem Ziel, Fehler und Probleme frühzeitiger zu erkennen, simuliert und geprüft. Diese neue Entwicklungstechnologie und deren Implementierung in den Produktentwicklungsprozess wird vor dem Hintergrund eines soziotechnischen Systemverständnisses reflektiert. Im Praxisbeispiel erfolgt eine Analyse und Gestaltung von Mensch, Technik und Organisation sowie deren Wechselspiel. Es zeigt sich, dass die virtuelle Inbetriebnahme simultane Entwicklungsprozesse bei der Bearbeitung von Kundenaufträgen sowie dadurch eine stärkere modularartige Vernetzung der beteiligten Entwicklungsdomänen nahelegt. Diese Prozesse gehen mit erhöhten Anforderungen an die Mitarbeitenden in Bezug auf Medienkompetenzen sowie Selbstkompetenzen einher.

Schlüsselwörter virtuelle Produktentwicklung · Digitalisierung · MTO-Analyse · soziotechnische Systemgestaltung

✉ Victoria Zorn
v.zorn@tu-braunschweig.de

¹ Generallzolldirektion, Münster, Deutschland

² Abteilung für Arbeits-, Organisations- und Sozialpsychologie, Technische Universität Braunschweig, Spielmannstraße 19, 38106 Braunschweig, Deutschland

³ Institut für Maschinenwesen, Technische Universität Clausthal, Clausthal-Zellerfeld, Deutschland

⁴ Institut für Konstruktionstechnik, Technische Universität Braunschweig, Braunschweig, Deutschland

Socio technical system analysis and design of virtualisation processes

A report on practice regarding virtual initial start-up

Abstract

This report on practice for the journal “Group. Interaction. Organization” considers a company’s goal of virtualising initial start-up of machines from a socio-technical perspective. In an increasingly digitalised work environment, opportunities arise to move physical tasks toward virtuality, thus allowing digital copies to be used in virtual simulations rather than having to physically built a product for testing first. Before going ahead with the conventional physical initial start-up of machines, a company from the mechanical and plant engineering sector plans to simulate initial start-up with specialised software. Thus, interaction of control software and machine hardware is simulated and checked with the goal of identifying errors and problems early on in the development process. This new technology and its implementation into product development is deliberated from a socio-technical perspective. In this report, human, technological and organisational aspects and their interactions are analysed and shaped. Results indicate that virtualising initial start-up encourages concurrent product development processes while working on sales orders as well as a more modular interconnectedness of all engineering disciplines involved in product development. Concurrent processes, however, also require higher levels of media and self management KSAOs from employees.

Keywords Virtual engineering · digitalisation · MTO analysis · socio-technical system design

1 Hintergrund

In einer modernen, digitalisierten Arbeitswelt verändern sich die Arbeitsbedingungen aufgrund technologischer Neuerungen auch im Bereich der Produktentwicklung. Wurden Maschinen früher als Zeichnungen auf einem Blatt Papier entwickelt und mussten manuell weiterverarbeitet werden, bieten die heute üblichen computerbasierten 3D-Konstruktionsmodelle erheblich mehr Potenzial zur weiteren Verwendung. Diese Veränderungen beschreibt ein Konstrukteur aus dem Anlagen- und Maschinenbau in einem Interview anschaulich auf folgende Weise:

Früher war es ein Stück Papier. [...]. Jeder konnte es lesen. Aber es war zu nichts anderem nützlich. Heute sind die Daten ja für mich weiterverwertbar. In Form von 3D-Daten. Ich kann ein Rechenmodell aufsetzen. Ich kann die Daten für [...] Simulationen weiterverwerten.¹

Die Veränderungen durch fortschreitende Digitalisierung werden gegenwärtig vor allem aus einem soziotechnischen Systemansatz heraus diskutiert, der die Wechselwirkungen von Mensch, Technik und Organisation berücksichtigt (Mlekus et al. 2018; Ulich 2013). Nach dem soziotechnischen Systemansatz ist zu erwarten, dass sich mit der Einbindung von digital simulierten Anlagen und Maschinen in der Produktentwicklung das Zusammenspiel von Mensch, Technik und Organisation ändert (Cherns 1976; Pasmore et al. 2019; Ulich 2013; vgl. auch Dumitrescu et al. 2018).

¹ Diese Aussage stammt aus einem Experteninterview, das für das hier vorgestellte Projekt geführt wurde.

Führt ein Unternehmen beispielsweise eine neue Software ein, um durch digitale Prototypen Materialkosten für herkömmliche Prototypen zu sparen, müssen Mitarbeitende neue Richtlinien beachten und ihre Arbeitsabläufe ändern, damit ihre 3D-Teilmodelle auch miteinander und der neuen Software kompatibel sind.

Ziel dieses Beitrages ist es, an einem Praxisbeispiel der virtuellen Inbetriebnahme aufzuzeigen, wie sich das Zusammenspiel von Mensch, Technik und Organisation darstellt, verändert und gestalten lässt. Dies wird vor dem Hintergrund des soziotechnischen Systemansatzes reflektiert. Dazu werden mittels MTO-Analyse die Unternehmensziele und der aktuelle Ist-Zustand ermittelt und basierend auf dem soziotechnischen Systemansatz Erkenntnisse und Empfehlungen für die Erreichung des Soll-Zustandes abgeleitet. Dabei liegt der Fokus auf generellen Vorgehensweisen und Erkenntnissen, um eine Übertragung auf andere praktische Fälle zu ermöglichen.

1.1 Technologiebedingte Änderungen der Arbeit

Durch Digitalisierung verlagert sich Arbeit zunehmend in einen virtuellen Raum (Raghuram et al. 2019). Dies hat bereits mit der Computerisierung in den 80er-Jahren des 20. Jahrhunderts begonnen. Bereiche der Produktentwicklung wie die Konstruktion profitieren von computergestützten Anwendungen (CAD-Software). Dadurch können Bauteile, die früher auf Papier gezeichnet wurden, konstruiert und mittels 3D-CAD-Modellen virtuell abgebildet werden (Joseph 1990; Molina et al. 1995; vgl. hierzu auch Schlicher et al. 2018). Diese 3D-Modelle stellen digitale Abbilder von physischen Objekten wie Bauteilen, Maschinen oder vollständigen Anlagen dar und enthalten dabei mit zu-

nehmendem technologischem Fortschritt immer mehr Informationen in Form von Geometrie- und Metadaten (z. B. physikalische oder Materialeigenschaften). Digitale Objekte können in der Folge bereits vor ihrem physischen Pendant existieren. Dies ermöglicht in der Produktentwicklung die virtuelle Simulation des Zusammenspiels verschiedener Entwicklungsdomänen wie Mechanik, Steuerung und Elektronik, wodurch die Bestandteile eines Produktes ohne eine physische Realisierung aufeinander abgestimmt werden können. Mit der Einführung einer neuen Technologie gehen allerdings auch immer Veränderungen auf Ebene des Menschen und der Organisation einher (Pasmore et al. 2019), beispielsweise Veränderungen von Prozessen und Kompetenzen (Bavendiek et al. 2018).

So kommt z. B. die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften in einer Studie zu dem Schluss, dass im Kontext von Industrie 4.0 bei Mitarbeitenden u. a. die Fähigkeit zur Koordination von Arbeitsabläufen sowie das eigenverantwortliche Treffen von Entscheidungen an Relevanz gewinnen (acatech 2016). Der erhöhte Abstimmungsbedarf mit Kollegen erfordert wiederum höhere Kommunikationskompetenz (Liden et al. 2006). Auch Literaturanalysen zu so genannten „21st century skills“ (van Laar et al. 2017, S. 577) oder virtueller Zusammenarbeit (Schulze und Krumm 2017) kommen zu dem Schluss, dass z. B. das Selbstmanagement eine wesentliche Anforderung in einer digitalisierten Arbeitswelt ist (Blumberg et al. 2019; Kauffeld 2016). Diese Arbeiten beschreiben globale Veränderungen, die Auswirkungen auf die Arbeit haben (vgl. Parker et al. 2017). Konkret – so die Annahme – schlagen sie sich in generischen Kompetenzanforderungen nieder, die unternehmensübergreifend von Relevanz sind (vgl. Kauffeld und Paulsen 2018; Soderquist et al. 2010). Zu überprüfen ist jedoch, inwieweit die Kompetenzanforderungen auch für den spezifischen Fall einer virtuellen Inbetriebnahme zutreffen.

In diesem Praxisbericht wird die virtuelle Inbetriebnahme im Bereich des Anlagen- und Maschinenbaus als konkretes Beispiel der Digitalisierung aus soziotechnischer Systemperspektive beschrieben und analysiert. Bei der virtuellen Inbetriebnahme wird der Inbetriebnahmeprozess mittels Software simuliert. Es handelt sich daher um eine neue Entwicklungstechnologie, die in Arbeitsprozesse eingebunden werden muss. Ein vollständiger Ersatz der konventionellen Inbetriebnahme ist nicht vorgesehen, aber es wird erwartet, dass Fehler frühzeitiger entdeckt und dadurch einfacher behoben werden können. Die Einbindung digitaler Abbildungen verspricht ökonomische Vorteile, da sie schneller, kostengünstiger und einfacher umzusetzen ist als eine konventionelle Inbetriebnahme oder die Anfertigung von Prototypen (Horváth et al. 2010). Digitale Abbilder können bereits früh im Entwicklungsprozess mit hoher Detailtreue erstellt werden, ohne dass Bauteile physisch gefertigt sein müssen

(Horváth et al. 2010). Digitale Simulationen ermöglichen beispielsweise eine standardortübergreifende und interdisziplinäre Kollaboration in der Produktentwicklung. Damit verändert sich die Form der Zusammenarbeit, was sich in flexibleren Organisationsstrukturen und Arbeitsprozessen niederschlägt (Hirsch-Kreinsen et al. 2015), aber auch in neuen Rollen und Anforderungen auf Seiten der Beschäftigten. Sie müssen dabei nicht nur neue Technologien anwenden können, sondern auch über Kompetenzen verfügen, um neue Aufgaben bewältigen zu können (Paulsen et al. 2019).

Im Folgenden wird der soziotechnische Systemansatz kurz vorgestellt, das Vorgehen im Praxisbeispiel beschrieben und die zentralen Ergebnisse vorgestellt. Abschließend werden Handlungsempfehlungen gegeben.

2 Soziotechnische Systeme in einer digitalisierten Arbeitswelt

Der soziotechnische Systemansatz hat den Ursprung in den Arbeiten des britischen Tavistock Instituts im Bergbau (Trist und Bamforth 1951). Dort wurde festgestellt, dass eine technologische Veränderung gravierende Auswirkungen auf das soziale System hatte. Der soziotechnische Systemansatz wurde dann insbesondere für industrielle Arbeitssysteme (Pasmore et al. 2019) und später dann auf Arbeitssysteme, in denen Informations- und Kommunikationstechnologien genutzt wurden (Pasmore et al. 2019), erweitert. Gegenwärtig werden Veränderungen in einer digitalisierten Arbeitswelt aus einer soziotechnischen Perspektive diskutiert (Davis et al. 2014), beispielsweise wie bei der Gestaltung von Benutzeroberflächen technische Möglichkeiten mit sozialen Strukturen und Bedürfnissen abzugleichen sind (Maguire 2014) oder wie technologische Neuerungen in der Produktion eine Neugestaltung des soziotechnischen Systems erfordern (Hirsch-Kreinsen 2014). Betont wird zweierlei: Erstens, dass die Auswirkungen der Digitalisierung nicht isoliert von sozialen Aspekten zu betrachten sind und zweitens, dass die Auswirkungen nicht deterministisch, sondern gestaltbar sind (Rothe et al. 2019; Sträter und Bengler 2019).

Ein soziotechnisches System ist durch verschiedene Komponenten gekennzeichnet (Eason 2008; Maguire 2014):

1. eine gemeinsame Arbeitsaufgabe,
2. soziale und technische Subsysteme,
3. Offenheit gegenüber der Umwelt und
4. eine Unvollkommenheit, die Flexibilität erfordert und Gestaltung ermöglicht.

Für ein Unternehmen bedeuten die oben genannten Komponenten konkret: Die primäre Arbeitsaufgabe (1) ist zen-

tral, das konstituierende Element eines Arbeitssystems und bildet die Existenzberechtigung (Ulich 2013). Um diese primäre Aufgabe effizient zu bewältigen, werden technisches und soziales Subsystem zusammengebracht (2). Um Technologien zu nutzen, müssen sie in Arbeitsprozesse eingebunden werden, verändern diese dadurch aber auch. Die Arbeitsprozesse bestimmen wiederum, welche Menschen mit welchen Kompetenzen in welcher Form zusammenarbeiten. Ferner ist das soziotechnische System gegenüber der Umwelt offen (3). Das heißt, dass es Umwelteinflüssen unterliegt und sich der Umwelt anpasst (z. B. Marktbedingungen). Dies sowie weitere Faktoren führen dazu, dass es keine Vollkommenheit des Systems gibt, sondern ständig auf kurzfristige Anforderungen reagiert werden muss (4). Konkret gibt es nicht nur eine Art, Arbeitsprozesse zu gestalten, sondern verschiedene Prozesse führen zum Ergebnis. Dies ermöglicht Flexibilität und eröffnet Gestaltungsräume. Allgemein ist der soziotechnische Systemansatz durch eine Gestaltungsperspektive gekennzeichnet, wobei die gemeinsame, simultane Gestaltung des technischen und des sozialen Systems ein zentrales Prinzip ist (Ulich 2013).

2.1 Praxisbeispiel

Der vorliegende Beitrag ist ein Praxisbericht aus einem mittelständischen Anlagen- und Maschinenbauunternehmen. Das Unternehmen stellt Maschinenanlagen zur Besohlung von Schuhen her. Diese Maschinen werden an einem Standort in Deutschland entwickelt und gefertigt. Es handelt sich dabei um größere, kundenspezifische Anlagen, vor allem für den internationalen Markt (u. a. Südostasien). Die Maschinen werden dabei unter Berücksichtigung der Kundenbedürfnisse entwickelt, wobei sowohl in den Entwicklungs- als auch Fertigungsprozess verschiedene Unternehmenseinheiten eingebunden sind. Das Unternehmen ist in Abteilungen organisiert, die fachspezifische, klar separierte Aufgaben übernehmen (z. B. Vertrieb, mechanische Konstruktion). Für das fertige Produkt ist ein reibungsloses Zusammenspiel von Hard- und Softwarekomponenten (d. h. Maschine und Steuerungssoftware) zwingend erforderlich. Um dies sicherzustellen, wird eine Inbetriebnahme durchgeführt. Dazu wird die Anlage am Produktionsstandort komplett montiert und überprüft, ehe sie wieder demontiert und zum Kunden verschifft wird. Diese konventionelle Inbetriebnahme bindet Lagerfläche sowie zeitliche und personelle Ressourcen, sodass dies die Produktivität des Unternehmens einschränkt. Eine Inbetriebnahme beim Kunden ist aufgrund fehlender Infrastruktur vor Ort im Falle notwendiger Nacharbeiten mit zu hohen Risiken verbunden. Es stellt sich die Frage, wie die Inbetriebnahme durch die Nutzung moderner Technologie optimiert werden kann.

Das Unternehmen plant mit Hilfe einer Simulationssoftware, die neu entwickelten Maschinen vor der Montage virtuell in Betrieb zu nehmen, um mögliche Probleme frühzeitig zu entdecken und Entwicklungs- und Lieferzeiten zu verkürzen. Dazu werden die Konstruktionsmodelle in die Simulationssoftware übertragen, mit ihren realen physikalischen Eigenschaften (Masse usw.) versehen und dann mit der Steuerungssoftware zusammengebracht. Zur Umsetzung der virtuellen Inbetriebnahme sind also digitale Abbilder der Anlage und Maschinen erforderlich. Oft wird auch von einem digitalen Zwilling gesprochen. Digitale Zwillinge bezeichnen dabei „digitale Repräsentanzen von Dingen aus der realen Welt“ (Kuhn 2017, S. 440). Die verwendete Simulationssoftware besteht bereits, wobei es noch Möglichkeiten zur Anpassung an den Bedarf des Unternehmens gab.

Aus einer soziotechnischen Betrachtung ist die Inbetriebnahme unvollkommen, d. h. sie kann niemals abschließend geplant werden. Es wird also immer wieder Situationen geben, die vorher nicht antizipiert wurden und auf die entsprechend spontan reagiert werden muss (Maguire 2014). Daraus ergibt sich eine Dynamik im Arbeitssystem (Ulich 2013), die Gestaltungs- und Optimierungspotenzial bietet, d. h. Rahmenbedingungen zu schaffen, um dem Arbeitssystem flexible Reaktionen auf Unvorhergesehenes zu ermöglichen. Dabei sind sowohl technische als auch soziale Aspekte zu berücksichtigen (Ulich 2013), d. h. Kompetenzen und soziale Bedürfnisse der Mitarbeitenden sowie technische Möglichkeiten und Kompatibilitäten. Ein Beispiel dafür könnte sein, technologische Möglichkeiten zur Etablierung eines digitalen Dokumentationssystems zu nutzen, in dem alle relevanten Informationen für den Arbeitsprozess inkl. vergangener unvorhergesehener Situationen abgelegt werden, während gleichzeitig die Mitarbeitenden befähigt werden, auf Basis dieser Dokumentation Entscheidungen in neuen unvorhergesehenen Situationen zu treffen.

3 Analyse des soziotechnischen Systems

Eine ganzheitliche Analyse des soziotechnischen Systems wird durch eine MTO-Analyse (vgl. Ulich 2011, 2013) auf den Ebenen Unternehmen, Organisationseinheit, Gruppe und Individuum ermöglicht. Die MTO-Analyse ist dabei ein ganzheitliches Verfahren zur Analyse von Industrieunternehmen, das auf dem soziotechnischen Systemansatz sowie der Handlungsregulationstheorie basiert und andere Analyseinstrumente (z. B. VERA/RHIA n. Oesterreich 1999) miteinbezieht (Ulich 2013). Das Rahmenmodell der MTO-Analyse ist das MTO-Konzept, das die gemeinsame Gestaltung von Mitarbeitenden, technischen Systemen sowie Organisationsstrukturen und -abläufen fokussiert (Ulich 2013). Zentral im MTO-Konzept ist die Arbeits-

aufgabe, die Mensch, Technik und Organisation verbindet, aber auch die Wechselwirkungen zwischen Mensch, Technik und Organisation werden explizit betrachtet (Ulich 2013). Die MTO-Analyse dient dazu, diese Bestandteile des Arbeitssystems mit ihren Wechselwirkungen systematisch und ganzheitlich zu erfassen. Zu diesem Zweck ist die MTO-Analyse im deutschen Sprachraum das fundierteste, am besten erprobte Analyseinstrument für derartig ganzheitliche Analysen (Latniak 1999). Der modulartige Aufbau sieht sieben Schritte vor (s. Tab. 1), eine vollständige Analyse ist dabei allerdings mit hohem Aufwand verbunden, sodass das Kosten-Nutzen-Verhältnis immer zu prüfen ist (Latniak 1999). Gleichwohl liefert die MTO-Analyse mit ihren sieben Schritten ein Orientierungsschemata für eine Vorgehensweise zur Erfassung des soziotechnischen Systems, wobei dann ausgewählte Schritte vorgenommen werden können (z.B. Latniak 1999). Im Praxisbeispiel wurden daher die ersten vier Schritte der MTO-Analyse nach Ulich (2013) berücksichtigt (s. Tab. 1). Bei der Darstellung des Vorgehens und der Ergebniszusammenfassung verweisen die Zahlen in Klammern auf die zugehörigen Analyseschritte.

Konkret umfasste die Analyse daher Gespräche mit der Geschäftsführung sowie dem Technologiemanagement über die strategische Relevanz, die mit der Implementierung der virtuellen Inbetriebnahme einhergeht (1). Neben der Definition von technischen Anforderungen an die Software zur Virtualisierung der Inbetriebnahme wurden parallel die bestehenden Ist-Prozesse aufgenommen und Soll-Prozesse für eine virtuelle Inbetriebnahme ausgearbeitet (2). Dabei wurde insbesondere geprüft, an welchen Stellen die virtuelle Inbetriebnahme einzubinden ist und wie Prozesse zu gestalten sind. Die Erhebung der Ist- sowie die Ausarbeitung der Soll-Prozesse erfolgte auf Basis von Dokumentenanalysen (nur Ist-Prozesse; z.B. Checklisten, Protokolle) sowie von Workshops ($K=2$; je ein Workshop zur Modellierung von Ist- und Soll-Prozessen). Ferner wurden in einer Hot-Spot-Analyse Barrieren auf den Ebenen Mensch, Technik und Organisation festgehalten (3). Dazu wurden erst Kriterien zur Identifikation von Hot Spots festgelegt, dann die Hot Spots identifiziert und dokumentiert und abschließend Verbesserungsmöglichkeiten erarbeitet und eine Priorisierung vorgenommen (vgl. dazu auch KBSt 2007). In strukturierten Experteninterviews ($N=5$) wurden gegenwärtige und zukünftige Kompetenzerfordernungen identifiziert (4). Dazu wurden die Interviews aufgenommen, transkribiert und inhaltsanalytisch ausgewertet. Die Ergebnisse wurden dann in einem Workshop kommunikativ validiert und von den Workshopteilnehmenden hinsichtlich ihrer Relevanz eingeschätzt.

Im Folgenden werden, nach einer generellen Zusammenfassung, die Ergebnisse der Analyse für Technik, Organisation (hier bezogen auf Prozesse) und Mensch (hier in Bezug

auf Kompetenzen) dargestellt, um ein ganzheitlicheres Bild zu bieten. Die Erkenntnisse der einzelnen Analyseschritte sind in Tab. 1 angegeben. Die Ergebnisse der Analyse lassen sich wie folgt zusammenfassen: Übergeordnetes Ziel des Unternehmens ist eine möglichst kurze Gesamtentwicklungszeit, da dies den größten Teil der Auftragsbearbeitung ausmacht (1). Viel Zeit werden hier besonders für die sequentiell ablaufenden Entwicklungsprozesse sowie bei der konventionellen Inbetriebnahme für Aufbau, Prüfungsiterationen und Abbau benötigt (2). Die sequentiellen Entwicklungsprozesse verursachen auch häufig Iterationen bei vor- und nachgelagerten Abteilungen, während bei parallelen Entwicklungsprozessen ein höherer Koordinationsaufwand erwartet wird (3). Die Inbetriebnahme ist aktuell langwierig, da hier zum ersten Mal alle Komponenten zusammen getestet werden können, wobei für diese Zeit auch Personal- und Platzressourcen gebunden werden (3). Unter den Mitarbeitenden werden auch unterschiedliche Softwarekombinationen genutzt, um unbekannte aber benötigte Funktionen zu kompensieren, was wiederum zu Problemen bei der Datenkompatibilität im Prozess führen kann (3). In den aktuellen Prozessen sind Mitarbeitende für in sich unabhängige Aufgaben (einzelne Bauteile) zuständig und müssen keine Abstimmung mit anderen Abteilungen leisten (4). Für die geplanten technischen und Prozessänderungen gehen die Mitarbeitenden deshalb von zunehmender Relevanz von sowohl Medien- als auch Selbstkompetenzen aus (4). Für die Ebenen Mensch, Technik und Organisation werden die Ergebnisse der Analyse im Folgenden noch einmal genauer erläutert.

Technik: Ausgangspunkt der soziotechnischen Betrachtung des Praxisbeispiels ist die Implementierung einer neuen Entwicklungstechnologie. Die virtuelle Inbetriebnahme wird eingeführt, damit die Entwicklung und Fertigung einer funktionsfähigen Schuhbesohlungsmaschine, die hier der primären Aufgabe des Arbeitssystems im Sinne eines soziotechnischen Systems entspricht, schneller erfolgen kann, u. a. indem Qualitätssicherungsschritte vorgezogen werden. Bei der virtuellen Inbetriebnahme werden in einer Simulationssoftware Daten aus dem CAD-Modell integriert. Dabei werden physikalische Größen sowie Bewegungseigenschaften von Bauteilen definiert. Ferner wird eine Schnittstelle zur Steuerungssoftware programmiert. Anschließend kann das Zusammenspiel aus Steuerungssoftware und Mechanik simuliert werden. Probleme können so erkannt werden, ohne dass ein Aufbau der Maschine nötig ist. Ein Problem kann beispielsweise vorliegen, wenn sich Bauteile nicht bewegen, obwohl sie es sollten. Weitere Probleme können in Kollisionen von Bauteilen oder nicht vollständig ausgeführten Bewegungen (z. B. ein Deckel schließt nicht vollständig) liegen. Wird dies bereits in der virtuellen Inbetriebnahme und nicht erst beim Aufbau der Anlage festgestellt, kann früher mit einer systematischen Fehleranalyse begonnen

Tab. 1 Schritte einer MTO-Analyse (n. Ulich 2013) sowie Vorgehen und Ergebnisse aus dem Fallbeispiel

Schritt	Gegenstand	Methode	Umsetzung im Fallbeispiel	Erkenntnisse
1	Analyse auf der Ebene des Unternehmens	Experteninterviews, Interviews mit der Geschäftsleitung	Workshop mit der Geschäftsführung, Leitung Entwicklung, Technologiemanagement	Verkürzung der Gesamtentwicklungszeit ist ein strategisches Ziel für das Unternehmen
2	Analyse von Auftragsdurchläufen (Prozessanalysen)	Dokumentenanalysen, Experteninterviews, Gruppeninterviews	Prozessanalyse anhand von Dokumentenanalysen, Workshops	Entwicklungsprozesse laufen sequentiell ab. Zur Inbetriebnahme wird die Anlage vollständig aufgebaut und nach erfolgter Endabnahme in verschiffbare Komponenten zerlegt
3	Analyse von Arbeitssystemen	Dokumentenanalysen, Experteninterviews, Gruppeninterviews	Hot-Spot-Analyse auf den Ebenen Mensch, Technik und Organisation	Die sequentiellen Entwicklungsprozesse verursachen viele Iterationen und Verzögerungen bei vor- und nachgelagerten Abteilungen. Parallele Entwicklungsprozesse bedingen einen erheblich höheren Koordinationsaufwand. Die konventionelle Inbetriebnahme bindet Platz- und Personalressourcen und ist zudem sehr langwierig, da alles zum ersten Mal zusammhängend getestet werden kann. Wissen um die Funktionen der genutzten Software ist unter den Mitarbeitenden sehr heterogen, sodass teilweise zusätzliche Programme genutzt werden
4	Analyse von Arbeitsgruppen	Dokumentenanalysen, Gruppeninterviews, Beobachtungsinterviews	Interviews und Workshops zu Kompetenzanforderungen	Die Mitarbeitenden gehen von einer zunehmenden Relevanz von Selbst- und Medienkompetenzen aus. Bisher waren Mitarbeitenden für einzelne Bauteile zuständig, wobei sie ihre Arbeit unabhängig von anderen Fachbereichen planen konnten
5	Bedingungsbezogene Analyse von Schlüsselaktivitäten	Ganzschichtbeobachtungen, Beobachtungsinterviews, Experteninterviews	–	–
6	Personenbezogene Arbeitsanalysen	Schriftliche Erhebung mit Skalierungsverfahren	–	–
7	Analyse der sozio-technischen Geschichte	Dokumentenanalysen, Experteninterviews	–	–

werden. Der Fehler kann dann frühzeitig behoben werden, z. B. durch eine Optimierung der Steuerungssoftware, und mit wenig Aufwand erneut getestet werden. So können Fehler bereits im Entwicklungsprozess beseitigt werden, ohne die Anlage physisch aufbauen zu müssen.

Prozesse: Die Aufnahme der Ist-Prozesse zeigte, dass der gegenwärtige Produktentstehungsprozess, einschließlich der Inbetriebnahme, in der Arbeitsstruktur durch sequenzielle Arbeitsschritte der einzelnen Entwicklungsdomänen erfolgt. Damit gehen zeitliche Verantwortlichkeiten einher. Für jedes Bauteil einer Anlage werden nacheinander Mechanik, Hydraulik, Pneumatik und Elektrik konstruiert. Nach Abschluss der Gesamtkonstruktion wird eine Steuerungssoftware für die Anlage entwickelt. Für eine Absicherung der Maschinen- und Anlagesteuerung durch eine Inbetriebnahme ist bislang eine vollständig physisch realisierte Maschine erforderlich. Auf dieser wird dann die entwickelte Steuerungssoftware installiert. Ergeben sich nun Änderungsbedarfe bei mechanischen Teilsystemen, kann dies je nach Umfang der erforderlichen Änderungen kleinere Anpassungen bis hin zu umfangreicheren Änderungen an anderen Bauteilen für die Teilsysteme bei kritischen Änderungen bedeuten. Dadurch entstehen hohe Zeitaufwände und letztendlich Kosten, die je nach Auswirkungen der Veränderungen auf andere Teilsysteme steigen.

Die virtuelle Inbetriebnahme ermöglicht und erfordert hingegen die frühzeitige Integration der Expertise aus den verschiedenen Entwicklungsdomänen. Statt in der vollständig physikalisch realisierten Anlage, sollen Zwischenergebnisse der Entwicklungen in einem digitalen Modell integriert und auf Produktqualität und Funktionalität überprüft werden. Der Soll-Prozess umfasst daher eine Parallelisierung der vorgelagerten Entwicklungsaktivitäten. Dabei wird die Entwicklung einer gesamten Anlage in einzelne Module heruntergebrochen, deren Funktionsfähigkeit dann unter Einbindung der Simulationssoftware zunächst einzeln und später im Verbund virtuell überprüft werden kann. Die virtuelle Inbetriebnahme führt somit zu simultanen Prozessen, da die einzelnen Entwicklungsdomänen nun gleichzeitig an der Konstruktion der Anlage mitwirken. Dies kann mit dem Konzept des Simultaneous Engineering beschrieben werden (Syska 2006). Statt sequentiell nacheinander zu arbeiten, wird eine modulartige Vernetzung angestrebt.

Mensch: Die Kompetenzanforderungen wurden einem Kompetenzmodell zur virtuellen Zusammenarbeit von Schulze und Krumm (2017) zugeordnet. Dieses beschreibt auf Grundlage eines Literaturreviews sechs Cluster von Kompetenzen (im Artikel von Schulze und Krumm als KSAOs, d. h. Knowledge, Skills, Abilities and Other Characteristics, bezeichnet): Communication KSAOs, Conflict Management KSAOs, Intercultural KSAOs, Media KSAOs, Self Management KSAOs und Trust-related KSAOs. Die inhaltsanalytischen Ergebnisse der Experteninterviews wur-

den in diesem Kompetenzmodell eingeordnet. Zusätzlich wurden die Kompetenzen den Kompetenzfacetten Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenzen zugeordnet, um aufzuzeigen, für welche Aspekte des Arbeitsalltags sie jeweils relevant sind (Kauffeld und Paulsen 2018). So lassen sich leichter Strategien zur Kompetenzentwicklung formulieren, da sich leichter geeignete Entwicklungsmaßnahmen und Lernformate ableiten lassen (z. B. fachliche Schulungen mit einem höheren Anteil an Wissensvermittlung, Selbstkompetenztrainings mit Fokus auf Arbeit an den persönlichen Stärken).

In den Experteninterviews wurden Kompetenzen beschrieben, die fünf der sechs Kompetenzcluster von Schulze und Krumm (Communication KSAOs, Conflict Management KSAOs, Intercultural KSAOs, Media KSAOs, Self Management KSAOs) weitgehend abdecken. Lediglich vertrauensbezogene Kompetenzen (Trust-related KSAOs) wurden nicht genannt. Dies mag daran liegen, dass die Entwicklungsdomänen an einem Standort sitzen und damit die typische Herausforderung standortverteilter, virtueller Zusammenarbeit (Kauffeld et al. 2016) in diesem Fall nicht besonders ausgeprägt ist. Insgesamt sind vor allem viele Kompetenzen im Bereich der Selbstkompetenzen identifiziert worden. Zudem wurden eher übergreifende Fachkompetenzen benannt (z. B. Prozesse antizipieren), die in der Taxonomie von Schulze und Krumm (2017) keinen Platz finden.

In einem Workshop mit fünf Prozessbeteiligten wurde zudem die gegenwärtige und für das Szenario der virtuellen Inbetriebnahme zukünftige Relevanz der Kompetenzen eingeschätzt. Hier ergaben Relevanzeinschätzungen der Workshopteilnehmenden, dass Kompetenzen aus den Bereichen Methoden- und Selbstkompetenz (z. B. Medien technisch nutzen können, strukturiert arbeiten, Interesse an Veränderungen zeigen) im Szenario der virtuellen Inbetriebnahme an Bedeutung gewinnen (s. Tab. 2). Dies liegt daran, dass parallele Arbeitsprozesse erhöhten Abstimmungsbedarf und damit höheren Koordinationsaufwand erfordern. Zudem erfordert paralleles Arbeiten z. B. auch strukturiertes Arbeiten, Proaktivität und sinnvolle digitale Dokumentation (Schildhauer et al. 2019).

Die Analyse soziotechnischer Systeme erfolgt nicht zum Selbstzweck, sondern ist Mittel zum Zweck, um Ansatzpunkte für Gestaltung zu bieten. Zur weiteren Unterstützung können Gestaltungsprinzipien herangezogen werden, die Orientierung dazu bieten können, wie und mit welchem Ziel gestaltet werden kann.

Tab. 2 Relevante Kompetenzen in der Produktentwicklung des Unternehmens

Kompetenz-facette	Kompetenz	Zuordnung Kompetenzcluster nach Schulze und Krumm (2017)	Relevanz im Arbeitsszenario virtuelle Inbetriebnahme
Fach-kompetenzen	Prozess und Abläufe antizipieren	–	↑
	Fachliche Probleme rechtzeitig ansprechen	–	↑
Methoden-kompetenzen	Medien technisch nutzen	Media KSAOs	↑
	Medien passend und sinnvoll auswählen	Media KSAOs	↑
	Digital dokumentieren	Media KSAOs	–
Sozial-kompetenzen	Aufgabenkonflikte lösen	Conflict management KSAOs	–
	Beziehungskonflikte klären	Conflict management KSAOs	–
	Informationen austauschen	Communication KSAOs	–
	Adressatengerecht kommunizieren	Communication KSAOs	–
Selbst-kompetenzen	Andere Sichtweisen verstehen	Intercultural KSAOs	–
	Interesse an Veränderungen signalisieren	Self Management KSAOs	↑
	Lernen und sich weiterentwickeln	Self Management KSAOs	↑
	Zeit managen	Self Management KSAOs	↑
	Sich und seine Arbeit reflektieren	Self Management KSAOs	–
	Initiative zeigen	Self Management KSAOs	↑
	Strukturiert und ergebnisorientiert arbeiten	Self Management KSAOs	↑
	Flexibel handeln	Self Management KSAOs	↑

Kompetenzen wurden anhand von $N=5$ Interviews ermittelt und in einem Workshop mit $N=5$ Personen kommunikativ validiert und mit Blick auf die zukünftige Relevanz eingeschätzt

KSAOs Knowledge, Skills, Abilities and Other Characteristics

4 Prinzipien soziotechnischer Systemgestaltung

Es existieren verschiedene Prinzipien soziotechnischer Systemgestaltung (z. B. Cherns 1976, 1987; Davis et al. 2014; Ulich 2013; Pasmore et al., 2019). Dabei betonen alle Gestaltungsprinzipien die Bedeutsamkeit ganzheitlicher Gestaltung (d. h. gemeinsamer Gestaltung des sozialen und technischen Teilsystems), unterscheiden sich jedoch hinsichtlich der jeweiligen Ansatzpunkte, die in den Fokus genommen werden. In Bezug auf das Praxisbeispiel eignen sich insbesondere die Prinzipien von Pasmore et al. (2019; s. Tab. 3), da diese explizit einige der Ansatzpunkte adressieren, die sich aus der Analyse des Arbeitssystems ergeben haben. Eine Gegenüberstellung der Prinzipien und ihrer Relevanz im Praxisbeispiel findet sich in Tab. 3.

Ausgehend von den Ergebnissen der Analyse werden im Folgenden die Gestaltungsansätze diskutiert, die vom Unternehmen nun konkret bearbeitet werden.

4.1 Teamarbeit fördern

Durch die Einführung der virtuellen Inbetriebnahme verändern sich Arbeitsaufgaben. Konnten sie vorher noch weitestgehend von den Mitarbeitenden selbst geplant und ohne weitere Absprachen mit anderen Abteilungen umgesetzt werden, erfordert die virtuelle Inbetriebnahme kontinuierliche Abstimmungs- und Koordinationsprozesse zwischen den Abteilungen. In diesem Zuge ist die Bildung von Si-

mulationsteams sinnvoll, um Erkenntnisse aus der virtuellen Inbetriebnahme zurück in die beteiligten Abteilungen zu tragen. Um Teamarbeit weiter zu fördern, werden auch Arbeitsplätze benötigt, die abteilungsübergreifende Zusammenarbeit erleichtern. Dazu zählt beispielsweise die Einrichtung von Arbeitsplätzen, an denen die Simulationsteams zusammenarbeiten können.

4.2 Prozesse kontrollieren

Indem das Zusammenspiel bestimmter Komponenten (z. B. verschiedener Bauteile mit der Steuerungssoftware) virtuell getestet wird, können Probleme und Abweichungen dort identifiziert werden, wo sie auftreten (Horváth et al. 2010). Statt Fehler erst am Ende des Produktentstehungsprozess zu bemerken, können sie bei der virtuellen Inbetriebnahme direkt behoben werden. Damit dies gelingt, müssen bestimmte Rahmenbedingungen eingehalten werden. Einerseits sorgen hier genau definierte Prozesse für nachvollziehbare Ergebnisse, d. h. stellen sicher, dass virtuelle und konventionelle Inbetriebnahme jeweils die gleichen Aspekte berücksichtigen. Andererseits bieten Prozesse auch Orientierung für die Mitarbeitenden, z. B. hinsichtlich Anforderungen an die CAD-Modelle, Vorgehen bei der Testung und anschließender Dokumentation.

Tab. 3 Prinzipien der soziotechnischen Systemgestaltung nach Pasmore et al. (2019) und ihre Relevanz im Fallbeispiel

Prinzip	Beschreibung	Relevanz im Fallbeispiel
1 Ganzheitlichkeit beachten	Es sollten das gesamte Arbeitssystem statt einzelner Tätigkeiten betrachtet werden	Es wird der gesamte Produktentstehungsprozess beachtet
2 Teamarbeit fördern	Die Arbeitsgruppe ist zentraler für die Handlungsregulation als das Individuum	Die virtuelle Inbetriebnahme fördert die Bildung eines Simulationsteams
3 Prozesse kontrollieren	Probleme sollten sichtbar gemacht werden, sodass sie schneller erkannt und geklärt werden	Die virtuelle Inbetriebnahme zielt darauf ab, dass Fehler frühzeitig anhand einer Simulation erkannt werden
4 Selbstorganisation beachten	Interne Optimierungen und Anpassungen sind Steuerungen von außen zu bevorzugen	Arbeit innerhalb der Simulationsteams eigenverantwortlich organisieren lassen
5 Multiple Kompetenzen fördern	Es sollten in einer Arbeitsgruppe multiple Kompetenzen aufgebaut werden, statt den Fokus auf einzelne Kompetenzen zu legen; Teams und einzelne Mitarbeitende können so diversere Aufgaben übernehmen	Es entstehen cross-funktionale Simulationsteams und Mitarbeitende erwerben Kompetenzen über ihren Kernaufgabenbereich hinaus, sodass sie diversere Aufgaben übernehmen können
6 Raum lassen	Ausreichend Handlungs-, Gestaltungs- und Entscheidungsspielräume lassen	Es bestehen Spielräume, die sich bspw. auch in Kompetenzanforderungen niederschlagen
7 Gemeinsame Optimierung	Das technische und das soziale System sollten gemeinsam gestaltet werden	Gestaltung von Technik und Soll-Prozessen
8 Anpassungsfähigkeit fördern	Die Arbeitsgestaltung sollte durch Variabilität Lernprozesse auf individueller und organisationaler Ebene fördern, um langfristig eine Anpassungsfähigkeit sicherzustellen	Simultane Entwicklung erfordern flexibles Agieren
9 Bedeutsamkeit fördern	Für den einzelnen sollte eine bedeutungsvolle Tätigkeit geschaffen werden	Es werden bedeutungsvolle, vielseitige Aufgaben für einzelne Entwicklungsdomänen beibehalten
10 Unvollkommenheit beachten	Die Gestaltung ist ein kontinuierlicher Prozess	Schrittweise Einführung neuer Technik und regelmäßige Reflexion von Prozessen

4.3 Multiple Kompetenzen fördern

Die Arbeit in Simulationsteams kann auch Auswirkungen auf die Kompetenzen der einzelnen Teammitglieder haben. Statt die eigenen Aufgaben zu bearbeiten und zur nächsten Abteilung weiterzureichen, erfordert die Arbeit im Simulationsteam eine direkte Kooperation mit den anderen Teammitgliedern die auch Diskussionen über weiteres Vorgehen und Fehlerbehebung bzw. generelle Optimierung beinhaltet. Dadurch können die einzelnen Mitarbeitenden zum einen Fachwissen aus anderen Bereichen erwerben. Zum anderen werden auch überfachliche Kompetenzen aufgebaut bzw. erweitert, beispielsweise neue Strategien zur Lösungsfindung. Um den Kompetenzzuwachs und -aufbau langfristig zu sichern, sind geeignete Unterstützungsmaßnahmen notwendig (Paulsen et al. 2019). Eine Unterstützungsmaßnahme kann ein systematisches Kompetenzmanagement sein, in dem die Kompetenzen und Weiterentwicklungen der Mitarbeitenden erfasst werden und das wiederum als Planungsgrundlage für Weiterentwicklungen verwendet werden kann. Für Weiterentwicklungsmaßnahmen sollte dabei eine Kombination aus verschiedenen Lernformen in Abstimmung auf das Lern- bzw. Entwicklungsziel gewählt werden (z. B. Schulungen für fachliche Inhalte, training on-the-job für unternehmensspezifische Inhalte, usw.), um optimale Übertragung auf den Arbeitsalltag zu gewährleisten (Kauffeld 2016).

4.4 Unvollkommenheit beachten

Da das soziotechnische System sich aufgrund der äußeren Rahmenbedingungen stetig weiterentwickeln muss, sind langfristig angelegte Gestaltungsprozesse oft sinnvoller (Pasmore et al. 2019). Die Einführung der virtuellen Inbetriebnahme ist für einen längeren Zeitraum ausgelegt und beinhaltet konkret zwei Phasen: Einerseits die Pilotphase, in der eine generelle Virtualisierung der Inbetriebnahme unter Einbeziehung von Mitarbeitenden getestet wird und Anforderungen an die technischen Mittel sowie Änderungsbedarfe (z. B. Weiterqualifizierung der Mitarbeitenden, Prozessänderungen) identifiziert werden können, und anschließend die Anwendungsphase, in der die virtuelle Inbetriebnahme dann regulär im Arbeitsalltag eingesetzt werden kann. Die zentralen Merkmale der einzelnen Veränderungsphasen auf den Ebenen Mensch, Technik und Organisation sind dargestellt in Tab. 4.

Insgesamt werden mit Einführung der virtuellen Inbetriebnahme mehr als nur technologische Neuerungen eingeplant, auch Änderungen auf organisationaler und menschlicher Ebene sind vorgesehen. Die Einführung der virtuellen Inbetriebnahme wird von Anpassungen der Arbeitsprozesse und Arbeitsgestaltung begleitet, sodass soziales und technisches Teilsystem gemeinsam optimiert werden. Dazu werden insbesondere Kompetenzen, Prozesse und Technologien gemeinsam berücksichtigt.

Tab. 4 Zentrale Veränderungen für Mensch, Technik und Organisation, die sich für Pilot- und Anwendungsphase ergeben

	Konventionelle Inbetriebnahme	Virtuelle Inbetriebnahme Pilotphase	Virtuelle Inbetriebnahme Anwendungsphase
Mensch	Einzelne Akteure arbeiten nacheinander Bereits hohe Anforderungen an Selbstkompetenzen	Abstimmungsbedarfe im Team Z. T. neue Anforderungen im Bereich Programmierung	Verlagerung der Selbstorganisation hin zu Simulationsteams
Technik	Nutzung von CAD-Modellen mit Meta-Daten	Manueller Export-Import von CAD-Daten in Simulationssoftware	Automatisierter Datenimport; Nutzung von weiteren technischen Hilfsmitteln zur Gestaltung
Organisation	Sequentielle Prozesse der gesamten Anlage	Sequentielle Prozesse innerhalb von Modulen	Simultane Prozesse

5 Ausblick – praktische und theoretische Implikationen

Der soziotechnische Systemansatz bietet auch in Zeiten der Digitalisierung Analyseinstrumente und Handlungsempfehlungen, die für eine ganzheitliche, langfristige Arbeitsgestaltung genutzt werden können. Unter Beteiligung von Mitarbeitenden wurde die Simulationssoftware bereits getestet. Dabei wurde festgestellt, dass Simulationssoftware und verwendete CAD-Software aktuell nicht optimal kompatibel sind, dadurch Arbeiten doppelt erledigt werden müssen und die virtuelle Inbetriebnahme so mit erheblichem Mehraufwand einhergeht. Auch die Benutzeroberfläche ist für einige Mitarbeitende ungewohnt und erschwert die Umstellung. Bei Gestaltung sowie Auswahl der Software sollte daher explizit berücksichtigt werden, dass die Mitarbeitenden sich gut ins neue Programm einarbeiten können und die Nutzung als eine Verbesserung wahrnehmen, um so die Annahme der neuen Technologie zu steigern (Eilermann et al. 2011). Um dies sicherzustellen, sind die Bedürfnisse der Mitarbeitenden sorgfältig in Betracht zu ziehen (Eilermann et al. 2011). Da die virtuelle Inbetriebnahme als neuer Teilprozess in die Produktentwicklung integriert wird, sind auch Abläufe, Rollen und Verantwortlichkeiten zu definieren, auf die die Mitarbeitenden sich wiederum einstellen müssen. Dies sind Punkte, die für das weitere Vorgehen zur Virtualisierung der Inbetriebnahme nun berücksichtigt werden können, z. B. bei der Auswahl von Virtualisierungssoftware.

Um bei der Prozesskontrolle zu unterstützen, wird an der Technischen Universität Braunschweig ein softwarebasiertes Unterstützungstool entwickelt, das es erlaubt, Prozesse zu visualisieren, zu reflektieren und so zu optimieren. Das Tool ermöglicht es, Aktivitäten und Abhängigkeit mehrerer Abteilungen gemeinsam abzubilden und zu verknüpfen, z. B. wenn die einzelnen Konstruktionsabteilungen parallel an den CAD-Modellen arbeiten, der nächste Arbeitsschritt aber erst möglich ist, wenn alle CAD-Modelle einen bestimmten Stand erreicht haben, der z. B. für die Zusammenführung der Ergebnisse genutzt werden kann. So bie-

tet es für die Mitarbeitenden die Möglichkeit zum Soll-Ableich und trägt damit zu einer frühzeitigen Fehlererkennung bei. Zusätzlich können ergänzende Informationen integriert werden (z. B. nötige Kompetenzen, Links zu relevanten Dokumenten oder Methoden zur strukturierten Diskussion), die für die Mitarbeitenden bei der Erledigung ihrer Aufgaben unterstützen. Durch die Verknüpfung von Prozessen und Kompetenzen ist es ferner möglich, die Auswirkungen der Veränderungen auf die Mitarbeitenden zu berücksichtigen und konkreten Weiterbildungsbedarf abzuleiten. Insgesamt kann das Tool zur Klärung und Visualisierung von Prozessschritten und Rollen beitragen und die Mitarbeitenden daher in der Umstellung auf neue Prozesse unterstützen.

Um diese praktischen Entwicklungen wissenschaftlich zu begleiten, bieten sich interdisziplinäre Fallstudien an, die praktische Beispiele aus verschiedenen fachlichen Perspektiven beschreiben und einordnen (Parker und Grote in Vorbereitung). Da die Bedingungen für kontrollierte Interventionsstudien in den komplexen Arbeitssystemen nicht erwartet werden können, bieten sorgfältig geplante, von Langzeiterhebungen begleitete Fallstudien hier einen alternativen Zugang (Parker und Grote in Vorbereitung). Insbesondere mehr interdisziplinäre Forschungsarbeit ist zu begrüßen, um die ganzheitliche Betrachtung eines Arbeitssystems zu ermöglichen. So kann beispielsweise festgestellt werden, an welchem (Schnitt-)Punkt im System Veränderungen stehen bleiben; wo, in welchem Umfang und unter welchen Umständen Interventionen bei Veränderungen (z. B. neu eingeführten Technologien) angesetzt werden sollten und wo im System auf welche äußeren Einflüsse reagiert wird. Darüber hinaus sind auch Forschungsarbeiten wünschenswert, die sich über den Vergleich verschiedener Gestaltungsansätze hinaus mit deren Kombinationspotenzial (z. B. MTO-Analyse in Verbindung mit Wertstromanalyse 4.0 nach Meudt et al. 2016) beschäftigen, um Möglichkeiten zur Einordnung der immer komplexer werdenden Arbeitswelt zu bieten.

6 Fazit

Das soziotechnische System stellt sich im betrachteten Praxisbeispiel wie folgt dar: Eine neu eingeführte Technologie, die virtuelle Inbetriebnahme, verändert die Struktur der Arbeit hin zu mehr Parallelität im Produktentwicklungsprozess. Dadurch ergeben sich neue Anforderungen für die Mitarbeitenden, u. a. in Bezug auf Selbst- und Medienkompetenzen. Arbeitsgestaltung muss daher soziales und technisches Teilsystem gleichzeitig berücksichtigen. Erste Ergebnisse zeigen sowohl den generellen Nutzen als auch spezifisches Optimierungspotenzial auf, sodass nun noch Möglichkeit zur Anpassung besteht, bevor teure Fehlinvestitionen getätigt werden (Pasmore et al. 2019). Bei Prozessänderungen können perspektivisch Tools eingesetzt werden, um Veränderungen für Mitarbeitende zu veranschaulichen und zu dokumentieren. Insgesamt ist eine soziotechnische Perspektive für die Betrachtung von digitalisierungsbedingten Veränderungen also möglich und sinnvoll, da sie mit konkreten Ansatzpunkten verbunden ist.

Förderung Das Vorhaben (KAMiSo und 02L15A250) wird im Rahmen des Programms „Zukunft der Arbeit“ unter dem Dachprogramm „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und dem Europäischen Sozialfonds gefördert. Mehr Informationen zum Projekt sind hier verfügbar.

Funding Open Access funding provided by Projekt DEAL.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- acatech (2016). Kompetenzen für Industrie 4.0. Qualifizierungsbedarfe und Lösungsansätze. Positionspapier. Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. <https://www.acatech.de/publikation/kompetenzen-fuer-industrie-4-0-qualifizierungsbedarfe-und-loesungsansaeetze/>. Zugegriffen: 15. Juli 2019.
- Bavendiek, A. K., Huth, T., Inkermann, D., Paulsen, H., Vietor, T., & Kauffeld, S. (2018). Collaborative design: linking methods, communication tools and competencies to processes. In *DS 92: Proceedings of the DESIGN 2018 15th International Design Conference* (S. 149–160). <https://doi.org/10.21278/idc.2018.0420>.

- Blumberg, V., Langhans, B., & Kauffeld, S. (2019). Digitale Werkerassistenzsysteme in der Montage und Logistik – notwendige Kompetenzen und Wege der Kompetenzentwicklung. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.), *Arbeit interdisziplinär: analysieren – bewerten – gestalten*. Beitrag C.6.2. Dortmund: GfA-Press.
- Cherns, A. (1976). The principles of sociotechnical design. *Human relations*, 29, 783–792. <https://doi.org/10.1177/001872677602900806>.
- Cherns, A. (1987). Principles of sociotechnical design revisited. *Human relations*, 40, 153–161. <https://doi.org/10.1177/00187267870400303>.
- Davis, M. C., Challenger, R., Jayewardene, D. N. W., & Clegg, C. W. (2014). Advancing socio-technical systems thinking: a call for bravery. *Applied Ergonomics*, 45, 171–180. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.02.009>.
- Dumitrescu, R., Tschirner, C., & Bansmann, M. (2018). Systems Engineering als Grundlage der Gestaltung digitaler Arbeitswelten in der Produktentstehung. In I. G. Maier, G. Engels & E. Steffen (Hrsg.), *Handbuch Gestaltung digitaler und vernetzter Arbeitswelten* (S. 1–28). Berlin: Springer.
- Eason, K. (2008). Sociotechnical systems theory in the 21st century: another half-filled glass. In *Sense in social science: a collection of essays in honour of Dr. Lisl Klein* (S. 123–134). Broughton: Desmond Graves.
- Eilermann, B., Rudow, B., Wandke, H., Heidecke, C.-H., & Neubauer, W. (2011). Benutzerorientierte Softwaregestaltung. Potenziale betrieblicher Software. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 106, 769–773. <https://doi.org/10.3139/104.110639>.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2014). Wandel von Produktionsarbeit – „Industrie 4.0“. Soziologisches Arbeitspapier Nr. 38/2014, Technische Universität Dortmund. https://www.boeckler.de/wsimit_2014_06_hirsch.pdf. Zugegriffen: 3. Dez. 2019.
- Hirsch-Kreinsen, H., Ten Hompel, M., Ittermann, P., Dregger, J., Niehaus, J., Mättig, B., & Kirks, T. (2015). Digitalisierung von Industriearbeit: Forschungsstand und Entwicklungsperspektiven. Zwischenbericht des Projektes SoMaLi. Technische Universität Dortmund. <http://www.wiwi.tu-dortmund.de/wiwi/de/forschung/gebiete/fp-hirschkreinsen/aktuelles/meldungsmedien/20150817-Zwischenbericht-SoMaLi.pdf>. Zugegriffen: 15. Juli 2019.
- Horváth, I., Gerritsen, B., & Rusák, Z. (2010). A new look at virtual engineering. In *Proceedings of Mechanical Engineering Conference* (S. 1–12).
- Joseph, J. (1990). *Arbeitswissenschaftliche Aspekte der betrieblichen Einführung neuer Technologien am Beispiel von Computer Aided Design (CAD). Felduntersuchung zur Ermittlung arbeitswissenschaftlicher Empfehlungen für die Einführung neuer Technologien*. Frankfurt a. M.: Peter Lang.
- Kauffeld, S. (2016). *Nachhaltige Personalentwicklung und Weiterbildung. Betriebliche Seminare und Trainings entwickeln, Erfolge messen, Transfer sichern* (2. Aufl.). Berlin: Springer.
- Kauffeld, S., & Paulsen, H. (2018). *Kompetenzmanagement in Unternehmen: Kompetenzen beschreiben, messen, entwickeln und nutzen*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Kauffeld, S., Handke, L., & Straube, J. (2016). Verteilt und doch verbunden: Virtuelle Teamarbeit. Gruppe. Interaktion. Organisation. *Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO)*, 47, 43–51. <https://doi.org/10.1007/s11612-016-0308-8>.
- KBSt (Kordinierungs- und Beratungsstelle der Bundesregierung für Informationstechnik in der Bundesverwaltung) (2007). Leitfaden für Entwickler von Prozess- und Datenmodellen. Praxisorientiertes Vorgehen zur Modellierung von Prozessen und Daten in der Bundesverwaltung (Version 1.0). Publikation der KBSt. http://www.cio.bund.de/cae/servlet/contentblob/79184/publicationFile/4104/leitfaden_fuer_entwickler_stand_2007_download.pdf. Zugegriffen: 3. Jan. 2020.

- Kuhn, T. (2017). Digitaler Zwilling. *Informatik Spektrum*, 40, 440–444. <https://doi.org/10.1007/s00287-017-1061-2>.
- Van Laar, E., Van Deursen, A. J., Van Dijk, J. A., & De Haan, J. (2017). The relation between 21st-century skills and digital skills: a systematic literature review. *Computers in Human Behavior*, 72, 577–588. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.03.010>.
- Latniak, E. (1999). Erfahrungen mit dem betrieblichen Einsatz arbeitswissenschaftlicher Analyseinstrumente. *Arbeit*, 8, 179–196. <https://doi.org/10.17877/DE290R-4558>.
- Liden, R. C., Erdogan, B., Wayne, S. E., & Sparrowe, R. T. (2006). Leader-member exchange, differentiation, and task interdependence: implications for individual and group performance. *Journal of Organizational Behavior*, 27, 723–746.
- Maguire, M. (2014). Socio-technical systems and interaction design—21st century relevance. *Applied ergonomics*, 45, 162–170. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.05.011>.
- Meudt, T., Roessler, M., Böllhoff, J., & Metternich, J. (2016). Wertstromanalyse 4.0: Ganzheitliche Betrachtung von Wertstrom und Informationslogistik in der Produktion. *ZWF Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 111, 319–323. <https://doi.org/10.3139/104.111533>.
- Mlekus, L., Ötting, S. K., & Maier, G. W. (2018). Psychologische Arbeitsgestaltung digitaler Arbeitswelten. In G. Maier, G. Engels & E. Steffen (Hrsg.), *Handbuch Gestaltung digitaler und vernetzter Arbeitswelten* (S. 1–25). Berlin: Springer.
- Molina, A., Al-Ashaab, A. H., Ellis, T. I., Young, R. I., & Bell, R. (1995). A review of computer-aided simultaneous engineering systems. *Research in Engineering Design*, 7, 38–63. <https://doi.org/10.1007/BF01681911>.
- Oesterreich, R. (1999). VERA: Verfahren zur Ermittlung von Regulationserfordernissen. In H. Dunckel (Hrsg.), *Handbuch psychologischer Arbeitsanalyseverfahren* (S. 539–557). Zürich: vdf Hochschulverlag.
- Parker, S. K., & Grote, G. (in press) Automation, algorithms and beyond: Why work design matters more than ever in a digital world. *Applied Psychology: An International Review*. <https://doi.org/10.1111/apps.12241>.
- Parker, S. K., Van den Broeck, A., & Holman, D. (2017). Work design influences: a synthesis of multilevel factors that affect the design of jobs. *Academy of Management Annals*, 11, 267–308. <https://doi.org/10.5465/annals.2014.0054>.
- Pasmore, W., Winby, S., Mohrman, S. A., & Vanasse, R. (2019). Reflections: sociotechnical systems design and organization change. *Journal of Change Management*, 19(2), 67–85. <https://doi.org/10.1080/14697017.2018.1553761>.
- Paulsen, H., Inkeremann, D., Zorn, V., Reining, N., Vietor, T., & Kaufeld, S. (2019). Produktentwicklung in der digitalisierten Welt – Virtuelle Inbetriebnahme aus prozessbezogener, methodisch-technischer sowie personeller Sicht. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.), *Arbeit interdisziplinär: analysieren – bewerten – gestalten*. Beitrag C.6.4. Dortmund: GfA-Press.
- Raghuram, S., Hill, N. S., Gibbs, J. L., & Maruping, L. M. (2019). Virtual work: bridging research clusters. *Academy of Management Annals*, 13, 308–341. <https://doi.org/10.5465/annals.2017.0020>.
- Rothe, R., Wischniewski, S., Tegtmeier, P., & Tisch, A. (2019). Arbeiten in der digitalen Transformation – Chancen und Risiken für die menschengerechte Arbeitsgestaltung. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaften*, 73, 246–251. <https://doi.org/10.1007/s41449-019-00162-1>.
- Schildhauer, T., Adlmaier-Herbst, D. G., Hofmann, J., Krcmar, H., Hünnekens, W., Michelis, D., & Voss, H. (2019). Schlüsselfaktoren der Digitalisierung – Entwicklungen auf dem Weg in die digitale Zukunft. In M. Stumpf (Hrsg.), *Digitalisierung und Kommunikation. Europäische Kulturen in der Wissenschaftskommunikation* (S. 13–34). Wiesbaden: Springer VS.
- Schlicher, K. D., Paruzel, A., Steinmann, B., & Maier, G. W. (2018). Change Management für die Einführung digitaler Arbeitswelten. In G. Maier, G. Engels & E. Steffen (Hrsg.), *Handbuch Gestaltung digitaler und vernetzter Arbeitswelten* (S. 1–36). Berlin: Springer.
- Schulze, J., & Krumm, S. (2017). The “virtual team player”: a review and initial model of knowledge, skills, abilities, and other characteristics for virtual collaboration. *Organizational Psychology Review*, 7, 66–95. <https://doi.org/10.1177/2041386616675522>.
- Soderquist, K. E., Papalexandris, A., Ioannou, G., & Prastacos, G. (2010). From task-based to competency-based: a typology and process supporting a critical HRM transition. *Personnel Review*, 39, 325–346. <https://doi.org/10.1108/00483481011030520>.
- Sträter, O., & Bengler, K. (2019). Positionspapier Digitalisierung der Arbeitswelt. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaften*, 73, 243–245. <https://doi.org/10.1007/s41449-019-00161-2>.
- Syska, A. (2006). *Produktionsmanagement: Das A–Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute*. Wiesbaden: Gabler.
- Trist, E. L., & Bamforth, K. W. (1951). Some social and psychological consequences of the longwall method of coal-getting: An examination of the psychological situation and defences of a work group in relation to the social structure and technological content of the work system. *Human relations*, 4, 3–38. <https://doi.org/10.1177/001872675100400101>.
- Ulich, E. (2011). *Arbeitspsychologie*. Zürich: vdf Hochschulverlag AG.
- Ulich, E. (2013). Arbeitssysteme als soziotechnische Systeme – eine Erinnerung. *Journal Psychologie des Alltagshandelns*, 6, 4–12.



Dr. Hilko Paulsen hat in Köln Psychologie studiert und an der Technischen Universität Braunschweig promoviert, war bis September 2019 in Forschungs- und Entwicklungsprojekten mit Schwerpunkten in Kompetenzentwicklung und ist seit Oktober 2019 in der Führungskräfteentwicklung bei der Generalzolldirektion in Münster tätig.



Victoria Zorn ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Arbeits-, Organisations- und Sozialpsychologie der Technischen Universität Braunschweig. In ihrer Forschung beschäftigt sie sich vor allem mit der Integration von Evaluation und Kompetenz- sowie individueller Lernentwicklung.



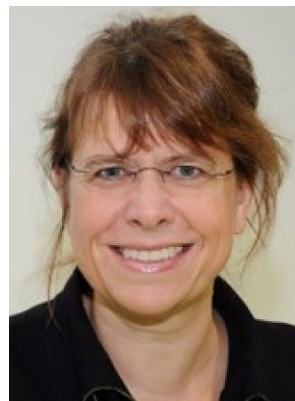
Dr. David Inkeremann hat an der TU Braunschweig Maschinenbau studiert und im Themenfeld der Produktentwicklung promoviert. Bis September 2019 hat er als Arbeitsgruppenleiter verschiedene Projekte im Themenfeld der Integrierten Produktentwicklung am Institut für Konstruktionstechnik verantwortet. Seit Oktober 2019 verwaltet er den Lehrstuhl für Rechnerintegrierte Produktentwicklung an der TU Clausthal mit den Forschungsschwerpunkten virtuelle Produktentwicklung, Advanced Systems Engineering und Lifecycle Planning.



Prof. Dr. Thomas Vietor hat nach dem Maschinenbaustudium seine Promotion im Jahr 1993 an der Universität Siegen abgeschlossen. Nach verschiedenen Leitungstätigkeiten in der Automobilindustrie wurde er 2009 zum Professor und Leiter des Instituts für Konstruktionstechnik an der Technischen Universität Braunschweig berufen.



Nine Reining ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Arbeits-, Organisations- und Sozialpsychologie der Technischen Universität Braunschweig. In ihrer Forschung beschäftigt sie sich vor allem mit digitalen Lehr-Lernumgebungen und -formen (z. B. Mixed Reality, Apps).



Prof. Dr. Simone Kauffeld ist Inhaberin des Lehrstuhls für Arbeit-, Organisations- und Sozialpsychologie der Technischen Universität Braunschweig. In ihrer Forschungstätigkeit setzt sie sich mit den Themen Kompetenz, Team/Führung, Organisationsentwicklung und Arbeitsgestaltung. Um ihre Konzepte der Praxis zugänglich zu machen, hat sie 2008 unter Beteiligung der TU Braunschweig die 4ASIDE GmbH gegründet.



Julian Baschin hat an der Fachhochschule Hannover Produktionstechnik und anschließend an der Ostfalia Hochschule Wolfenbüttel Systems Engineering studiert. Er war anschließend drei Jahre lang in der Automobilentwicklung tätig und arbeitet seit 2018 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Konstruktionstechnik der Technischen Universität Braunschweig.